

Radialkolbenpumpe zur Kraftstoffhochdruckerzeugung bei  
Kraftstoffeinspritzsystemen von Brennkraftmaschinen

Die Erfindung geht aus von einer Radialkolbenpumpe zur Kraftstoffhochdruckerzeugung bei Kraftstoffeinspritzsystemen von Brennkraftmaschinen, insbesondere bei einem Common-Rail-Einspritzsystem, mit einer in einem Pumpengehäuse gelagerten Antriebswelle mit einem exzentrischen Wellenabschnitt, auf welchem eine Laufrolle gelagert ist, und mit vorzugsweise mehreren bezüglich der Antriebswelle radial in einem jeweiligen Zylinder angeordneten Kolben, an deren der Laufrolle zugewandten Enden jeweils eine Kolbenfußplatte angeordnet ist, welche die Umfangsfläche der Laufrolle kontaktiert, gemäß der Gattung von Anspruch 1.

Eine solche Radialkolbenpumpe ist beispielsweise aus der DE 198 09 315 A1 bekannt. Die Kolbenfußplatte und die Laufrolle der bekannten Radialkolbenpumpe bestehen in der Regel aus Einsatzstahl oder auch aus Vergütungsstahl. Mit der Zeit kann es jedoch an diesen Bauteilen zu Gleitverschleiß aufgrund von Adhäsion, Abrasion oder Oberflächenzerrüttung kommen. Dieser unerwünschte Verschleiß kann zu einem Ausfall der Radialkolbenpumpe und damit auch zu einem Ausfall der Brennkraftmaschine führen.

Der vorliegenden Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, eine Radialkolbenpumpe der eingangs erwähnten Art derart weiter zu entwickeln, dass ihre Zuverlässigkeit erhöht wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1 gelöst.

Indem erstmalig zumindest zumindest die die Umfangsfläche der Laufrolle kontaktierende Fläche der Kolbenfußplatte aus einem verschleißfesten Material, nämlich aus Hartmetall, aus einem keramischen Werkstoff, aus einem gegossen karbidischen Werkstoff oder aus Cermet besteht, wird die Verschleißneigung der Kolbenfußplatten-Laufrollen-Paarung entscheidend reduziert. Die genannten Werkstoffe weisen gegenüber den bisher verwendeten Stahlwerkstoffen einen signifikant höheren E-Modul auf, was in geringeren Verformungen bei Belastung und folglich auch in einer gleichmäßigeren Flächenpressung ohne nennenswerte Spannungsspitzen resultiert. Beim Einsatz von keramischen Werkstoffen spielt vor allem deren geringeres Gewicht eine vorteilhafte Rolle, da die Kolbenfußplatte zusammen mit dem Kolben in hoher Frequenz beschleunigt und verzögert wird und folglich die Massenträgheit wesentlich herabgesetzt wird.

Dabei kann die Kolbenfußplatte vollständig aus dem verschleißfesten Material hergestellt sein oder sie besteht wie bisher aus Einsatzstahl oder Vergütungsstahl und trägt auf ihrer zur Laufrolle weisenden Fläche wenigstens einen Einsatz aus dem verschleißfesten Material. Die Verwendung von Einsätzen bringt den Vorteil eines modularen Aufbaus, d.h. dass eine standardisierte Kolbenfußplatte mit Einsätzen aus verschiedenem Material versehen werden kann und somit eine Vielzahl von Varianten erzeugbar ist.

Bei Verwendung eines keramischen Werkstoffs enthält dieser vorzugsweise Siliziumnitrit  $\text{Si}_3\text{N}_4$  und weist eine Rauhtiefe  $R_z$  zwischen  $0,15 \mu\text{m}$  und  $0,5 \mu\text{m}$  auf. Hartmetalle können beispielsweise aus G20, GC37 oder GC20 bestehen und eine Rauhtiefe  $R_z$  zwischen  $0,3 \mu\text{m}$  und  $1,0 \mu\text{m}$  aufweisen, während der gegossen karbidische Werkstoff durch ein Schalenhartgussmaterial, insbesondere durch GGH oder SoGGH gebildet wird, welches eine Rauhtiefe  $R_z$  zwischen  $0,5 \mu\text{m}$  und  $2,0 \mu\text{m}$  aufweist.

Besonders bevorzugt weist die Kolbenfußplatte auf ihrer der Laufrolle zugewandten Fläche wenigstens zwei sich kreuzende Nuten auf. Dadurch wird der Überdeckungsbereich von Kolbenfußscheibe und Laufrolle ohne Schmierstoffzuführung eliminiert. In den als Stauspalten wirkenden Nuten kann sich Kraftstoff ansammeln, welcher aufgrund der Gleitgeschwindigkeit zwischen der Laufrolle und der Kolbenfußplatte die Ausbildung eines hydrodynamischen Gleitfilms fördert, wodurch der Verschleiß an den Gleitflächen weiter reduziert wird.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. In den Zeichnungen zeigt:

Fig.1 eine Querschnittsdarstellung einer Radialkolbenpumpe mit einer Kolbenfußplatte und einer Antriebswelle gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

Fig.2 eine vergrößerte Querschnittsdarstellung eines Kolbens und einer Kolbenfußplatte gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig.2a einen vergrößerten Ausschnitt von Fig.2;

Fig.2b einen weiteren vergrößerten Ausschnitt von Fig.2;

Fig.3 eine Ansicht von unten auf die Kolbenfußplatte von Fig.2;

Fig.4 eine Querschnittsdarstellung eines Kolbens mit Kolbenfußplatte und einer Antriebswelle gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig.5 eine Querschnittsdarstellung einer Antriebswelle gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig.6 eine Ansicht entlang der Linie VI-VI von Fig.5;

Fig.7 eine Ansicht entlang der Linie VII-VII von Fig.6.

Die in Fig.1 gezeigte Radialkolbenpumpe 1 dient bevorzugt zur Erzeugung des Systemdrucks für den Hochdruckspeicher (Rail) eines Common-Rail-Einspritzsystems einer selbstzündenden Brennkraftmaschine. Sie umfasst eine in einem Pumpengehäuse 2 gelagerte Antriebswelle 4 mit einem exzentrischen Wellenabschnitt 6, auf welchem eine polygonförmige, gegenüber dem Wellenabschnitt 6 drehbare Laufrolle 8 aufgenommen ist. Die polygonförmige Laufrolle 8 weist entlang ihrer Umfangsfläche 10 mit Umfangsabstand zueinander angeordnete, ebene Flachabschnitte 12 auf.

An den Flachabschnitten 12 der Laufrolle 8 stützt sich jeweils ein in einem Zylinder 14 zur Antriebswelle 4 radial geführter Kolben 16 mit seiner Kolbenfußplatte 18 ab. Die Kolbenfußplatte 18 ist vorzugsweise mittels eines sphärischen Lagers 20 mit dem zur Antriebswelle 4 weisenden Ende des Kolbens 16 schwenkbar verbunden. Das sphärische Lager 20 ist beispielsweise dadurch realisiert, dass das Kolbenende als Teilkugel 22 ausgebildet ist, welche in eine komplementär ausgebildete sphärische Ausnehmung 24 in der Kolbenfußplatte 18 eingreift. Darüber hinaus wird die Kolbenfußplatte 18 zusammen mit dem Kolben 16 durch eine Feder 26 gegen den zugeordneten Flachabschnitt 12 der Laufrolle 8 vorgespannt. Die Funktionsweise einer solchen Radialkolbenpumpe 1 ist beispielsweise in der DE 198 02 475 A1 beschrieben, deshalb soll hier nicht weiter darauf eingegangen werden.

Zumindest die die Umfangsfläche 10 der Laufrolle 8 kontaktierende Fläche 28 der Kolbenfußplatte 18 besteht aus einem verschleißfesten Material, nämlich aus Hartmetall, aus einem keramischen Werkstoff, aus einem gegossen karbidischen Werkstoff oder aus Cermet. Dies ist vorzugsweise dadurch realisiert, dass die Kolbenfußplatte 18 auf ihrer zur Laufrolle 8 weisenden Fläche 28 wenigstens einen beispielsweise

scheibenförmigen Einsatz 30 aus dem verschleißfesten Material aufweist. Der Einsatz 30 kann mit der restlichen Kolbenfußplatte 18 form- und/oder stoffschlüssig verbunden sein, beispielsweise durch Kleben oder durch Löten. Der Einsatz 30 kann sich, wie in Fig.1 gezeigt ist, über die gesamte Kontaktfläche 28 der Kolbenfußplatte 18 mit der Laufrolle 8 oder auch nur über einen Teil von ihr erstrecken. Alternativ kann auch die gesamte Kolbenfußplatte 18 aus dem verschleißfesten Material hergestellt sein, so dass kein zusätzlicher Einsatz 30 nötig ist.

Bei Verwendung eines keramischen Werkstoffs für die Kolbenfußplatte 18 enthält dieser vorzugsweise Siliziumnitrit  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . Hartmetalle können beispielsweise aus G20, GC37 oder GC20 bestehen, während der gegossen karbidische Werkstoff ein Schalenhartgussmaterial, insbesondere GGH oder SoGGH beinhalten kann.

Ferner kann der Kolben 16 selbst aus verschleißfestem Material gefertigt sein, beispielsweise aus einer  $\text{Si}_3\text{N}_4$ - oder einer  $\text{ZrO}_2$ -Keramik. Der Kolben 16 kann durch Strangpressen hergestellt sein und eine Porosität kleiner als 5% aufweisen, wobei die Oberfläche mit  $\text{MoS}_2$  infiltriert ist. Alternativ kann der Kolben 16 auch isostatisch gepresst und gesintert sein.

Nicht zuletzt besteht auch zumindest ein Teil der Laufrolle 8, insbesondere die Flachabschnitte 12 aus einem verschleißfesten Material, nämlich aus Hartmetall, aus einem Feingussmaterial, aus einem gegossen karbidischen Werkstoff, aus einem gesinterten Werkzeugstahl oder aus einem legierten Nitrierstahl.

Analog wie bei der Kolbenfußplatte 18 ist dies vorzugsweise dadurch realisiert, dass die Flachabschnitte 12 mit je einem Einsatz 32 aus dem verschleißfesten Material versehen sind, wie Fig.1 zeigt. Ein solcher Einsatz 32 ist jeweils in einer komplementär geformten Ausnehmung 34 in dem Flachabschnitt 12

form- und/oder stoffschlüssig aufgenommen, beispielsweise durch Kleben oder durch Löten. Alternativ kann die gesamte Laufrolle 8 aus dem verschleißfesten Material bestehen.

Bei Verwendung von Hartmetall für die Einsätze 32 bzw. für die Laufrolle 8 selbst kommt beispielsweise G20, GC37 oder GC20 in Frage. Einen geeigneten Feingusswerkstoff bildet beispielsweise GX-210WCr13 H, für den gegossen karbidischen Werkstoff kommt lokal umgeschmolzenes, karbidisches SoGGH (Gradientenwerkstoff) in Frage. Bei dem gesinterten Werkzeugstahl eignet sich ASP23. Ein speziell durch Nitrieren oder Gasnitrieren mit Cr und/oder Mo und/oder V und/oder C legierter Nitrierstahl wird für eine Variante mit Gradientenwerkstoff eingesetzt. Die Basiselemente und die Prozessparameter beim Nitrieren führen zu einer tiefen Diffusion mit Härten von HV 750 bis 850 bei gleichzeitiger höherer Festigkeit des Basiswerkstoffs. Die sich dabei ausbildende Verbindungsschicht wird aus Funktionsgründen durch Schleifen entfernt.

Die Oberflächen der Kolbenfußplatte 18 und der Laufrolle 8 weisen auf den Gleitflächen vorzugsweise eine Rauhtiefe  $R_z$  zwischen 0,15  $\mu\text{m}$  und 2  $\mu\text{m}$  auf, abhängig von den verwendeten Materialien. Dabei gilt die untere Grenze für Keramik, insbesondere ein Bereich von 0,15  $\mu\text{m}$  bis 0,5  $\mu\text{m}$ , die obere Grenze für Metalle wie SoGGH oder ASP23. Für Hartmetall ist eine Rauhtiefe  $R_z$  zwischen 0,3  $\mu\text{m}$  und 1  $\mu\text{m}$  vorgesehen.

In nachfolgenden Tabelle sind zu bevorzugende Materialpaarungen der Kolbenfußplatte 18 einerseits und der Laufrolle 8 andererseits aufgeführt. Falls sowohl in der Laufrolle 8 als auch in der Kolbenfußplatte 18 Einsätze verwendet werden, sind beliebige Kombinationen von Materialpaarungen bei jeweils unveränderten Trägerkörpern möglich. Insbesondere können bei den Paarungen in der Tabelle, in welchen die Laufrolle 8 vorzugsweise insgesamt aus dem verschleißfesten Material besteht („Vollmaterial“) alternativ auch Einsätze 32 aus dem entsprechenden Material im Bereich der Flachabschnitte 12

verwendet werden, wie es bereits in Fig.1 gezeigt ist. Die Laufrolle 8 als Trägerkörper für die Einsätze 32 kann dann aus einem anderen Material bestehen, beispielsweise aus 50Cr4, aus 42CrV4 oder aus 16MnCr5.

Eine besondere Rolle kommt dem Ausführungsbeispiel in der 3.Zeile in der Tabelle zu. In diesem Fall wird im Bereich der Flachabschnitte 12 der aus einem Stahlgusswerkstoff bestehenden und in Fig.5 separat dargestellten Laufrolle 8 jeweils eine karbidische Zone ausgebildet. Diese karbidische Zone wird entweder durch eine gezielte Erstarrungsgeschwindigkeit beim Gießen der Laufrolle 8 oder durch Umschmelzen erzeugt und bildet dann vorzugsweise den Gradientenwerkstoff SoGGH aus. Ergebnis ist folglich eine Laufrolle 8, bei welcher im Bereich der Flachabschnitte 12 eine karbidische Zone 33 ausgebildet ist, während die restlichen Zonen und Bereiche der Laufrolle 8 aus Stahlguss mit unveränderten Eigenschaften bestehen.

Laufrille	Kolbenfußscheibe
Einsätze aus Hartmetall, z.B. G20, GC37, GC20	Vollmaterial oder Einsätze aus a) Keramik, z.B. $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Keramik b) Schalenhartguss, z.B. SOGGH c) Cermet
Vollmaterial aus Feingussmaterial, z.B. GX-210WCr13 H	Vollmaterial oder Einsätze aus a) Keramik, z.B. $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Keramik b) Hartmetall, z.B. G20 c) Cermet
Vollmaterial aus gegossen karbidischem Werkstoff, z.B. Schalenhartguss SOGGH	Vollmaterial oder Einsätze aus a) Keramik, z.B. $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Keramik b) Hartmetall, z.B. G20 c) Cermet
Vollmaterial - aus gesintertem Werkzeugstahl, z.B. ASP23, - aus C, Cr, Mo, V-legiertem Nitrierstahl	Vollmaterial oder Einsätze aus a) Keramik, z.B. $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Keramik b) Hartmetall, z.B. G20 c) Cermet d) gegossen karbidischer Werkstoff, z.B. SOGGH

Tabelle: Bevorzugte Materialpaarungen

Im Bereich der Flachabschnitte 12 der Laufrille 8 können jeweils eine oder mehrere Quernuten 36 ausgebildet sein, wie am besten anhand von Fig.6 zu sehen ist. Wie aus Fig.7 hervorgeht, ist die Quernut 36 im Zentrum einer einen Nutauslauf bildenden Senke 29 des Flachabschnitts 12 angeordnet. Die Senke 29 wird durch zwei in Bezug zum Flachabschnitt 12 winkelig angeordnete Ebenen gebildet, in deren Schnittlinie die Quernut 36 liegt. Der Senkenwinkel  $\gamma$  der Senke 29 ist beispielsweise kleiner als 15 Grad. Der Übergang von der Senke 29 und dem Flachabschnitt 12 ist mit einem Radius  $R_4$  von vorzugsweise kleiner gleich 1 mm verrundet. Der Radius  $R_4$  wird beispielsweise durch Gleitschleifen erzeugt. In dieser als Stauspalt wirkenden Quernut 36 bzw. Senke 29 kann sich Kraftstoff ansammeln,



welcher aufgrund der Gleitgeschwindigkeit zwischen den Flachabschnitten 12 der Laufrolle 8 und der Kolbenfußplatte 18 die Ausbildung eines hydrodynamischen Gleitfilms fördert, wodurch der Verschleiß an den Gleitflächen reduziert wird.

Bei den in den Fig.2 bis Fig.4 gezeigten Ausführungsformen sind die gegenüber dem Beispiel von Fig.1 gleichbleibenden und gleichwirkenden Teile durch die gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet. Im Unterschied zu diesem wird beim Beispiel gemäß Fig.2 die Kolbenfußplatte 18 von einem Plattenhalter 38 an dem zugehörigen Kolben 16 gehalten. Die Kolbenfußplatte 18 weist an ihrer dem Kolben 16 zugewandten Fläche eine kreisförmige Ausnehmung 40 auf, in welche das ballig geformte Ende 42 des Kolbens 16 eingreift und den Boden der Ausnehmung 40 kontaktiert. Der Plattenhalter 38 wird am Kolben 16 mittels eines in eine Nut 44 des Kolbens 16 eingreifenden Sprenglings 46 gekontert. In einer kreisförmigen Ausnehmung 48 in der Kolbenfußplatte 18 ist ein komplementär geformter Einsatz 30 aus einem der oben beschriebenen verschleißfesten Materialien gehalten, beispielsweise durch Stoffschluss, insbesondere durch Löten. Wie aus Fig.2a hervorgeht, ist der Einsatz 30 auf seiner zur Laufrolle 8 weisenden Fläche 31 randseitig mit einem winkligen Auslauf 35 versehen, wobei der Auslaufwinkel  $\alpha$  ca. 15 Grad beträgt. Weiterhin ist der Übergang zwischen dieser Fläche 31 und dem Auslauf 35 mit einem Radius  $R_2$  von ca. 2 mm verrundet. Mittels eines Radius  $R_1$  von kleiner gleich 1 mm ist auch der Übergang zwischen dem Auslauf 35 und der Randfläche 37 des Einsatzes 30 verrundet.

Analog zu den Flachabschnitten 12 der Laufrolle 8 weisen die Einsätze 30 der Kolbenfußplatte 18 vorzugsweise wenigstens zwei sich kreuzende Nuten 50 auf, wie am besten Fig.3 zeigt. Aufgrund der sich kreuzenden Anordnung der Nuten 50 ist die Wahrscheinlichkeit hoch dafür, dass im Hinblick auf die in Bezug zum Plattenhalter 38 drehbare Kolbenfußplatte 18 eine der Nuten 50 quer zur Bewegungsrichtung ausgerichtet ist, um die Ausbildung eines hydrodynamischen Schmierfilms zu fördern. Die

Nuten 50 werden vorzugsweise durch Einpressen erzeugt. Dadurch ergibt sich eine geringere Kerbwirkung verglichen mit spanabhebenden Verfahren, da die Werkstofffasern nicht durchtrennt werden. Wie aus Fig.2b hervorgeht, sind die Nuten 50 jeweils im Zentrum einer einen Nutauslauf bildenden Senke 39 der Fläche 31 angeordnet. Die Senke wird durch zwei in Bezug zur Fläche 31 winkelig angeordnete Ebenen gebildet, in deren Schnittlinie die jeweilige Nut 50 liegt. Der Senkenwinkel  $\beta$  der Senke 39 beträgt beispielsweise 5 Grad. Der Übergang von der Senke 39 und der Fläche 31 ist mit einem Radius  $R_3$  von vorzugsweise kleiner gleich 1 mm verrundet.

Beim Ausführungsbeispiel von Fig.4 besteht die Kolbenfußplatte 18 vollständig aus einem der oben erwähnten, verschleißfesten Materialien und ist in das Durchgangsloch 52 einer Ringbüchse 54 eingesetzt, welche aus Stahl besteht. Die Verbindung zwischen der Ringbüchse 54 und der Kolbenfußplatte 18 ist vorzugsweise durch Löten hergestellt. Selbstverständlich sind darüber hinaus weitere Möglichkeiten denkbar, um verschleißfestes Material an den einander zugeordneten Gleitflächen 12, 28 der Laufrolle 8 und Kolbenfußplatte 18 anzubringen.

DaimlerChrysler AG

Patentansprüche

1. Radialkolbenpumpe (1) zur Kraftstoffhochdruckerzeugung bei Kraftstoffeinspritzsystemen von Brennkraftmaschinen, insbesondere bei einem Common-Rail-Einspritzsystem, mit einer in einem Pumpengehäuse (2) gelagerten Antriebswelle (4) mit einem exzentrischen Wellenabschnitt (6), auf welchem eine Laufrolle (8) gelagert ist, und mit vorzugsweise mehreren bezüglich der Antriebswelle (4) radial in einem jeweiligen Zylinder (14) angeordneten Kolben (16), an deren der Laufrolle (8) zugewandten Enden jeweils eine Kolbenfußplatte (18) angeordnet ist, welche die Umfangsfläche (10, 12) der Laufrolle (8) kontaktiert,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

zumindest die die Umfangsfläche (10, 12) der Laufrolle (8) kontaktierende Fläche (28, 31) der Kolbenfußplatte (18) aus einem verschleißfesten Material, nämlich aus Hartmetall, aus einem keramischen Werkstoff, aus einem gegossen karbidischen Werkstoff oder aus Cermet besteht.

2. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Kolbenfußplatte (18) auf ihrer der Laufrolle (8) zugewandten Fläche (31) wenigstens einen Einsatz (30) aus dem verschleißfesten Material trägt.

3. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

der keramische Werkstoff Siliziumnitrit ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) beinhaltet und eine Rauhtiefe  $R_z$  zwischen  $0,15\text{ }\mu\text{m}$  und  $0,5\text{ }\mu\text{m}$  aufweist.

4. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Hartmetall G20, GC37 oder GC20 beinhaltet und eine Rauhtiefe  $R_z$  zwischen 0,3  $\mu\text{m}$  und 1,0  $\mu\text{m}$  aufweist.

5. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**

der gegossen karbidische Werkstoff ein Schalenhartgussmaterial, insbesondere GGH oder SoGGH beinhaltet und eine Rauhtiefe  $R_z$  zwischen 0,5  $\mu\text{m}$  und 2,0  $\mu\text{m}$  aufweist.

6. Radialkolbenpumpe nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Kolbenfußplatte (18) auf ihrer der Laufrolle (8) zugewandten Fläche (31) wenigstens zwei sich kreuzende Nuten (50) aufweist.

7. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 6,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

eine solche Nut (50) jeweils im Zentrum einer einen Nutauslauf bildenden Senke (39) der Fläche (31) angeordnet ist.

8. Radialkolbenpumpe nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Oberfläche der Kolbenfußplatte (18) und/oder der Laufrolle (8) eine Rauhtiefe  $R_z$  zwischen 0,15  $\mu\text{m}$  und 2  $\mu\text{m}$  aufweist.

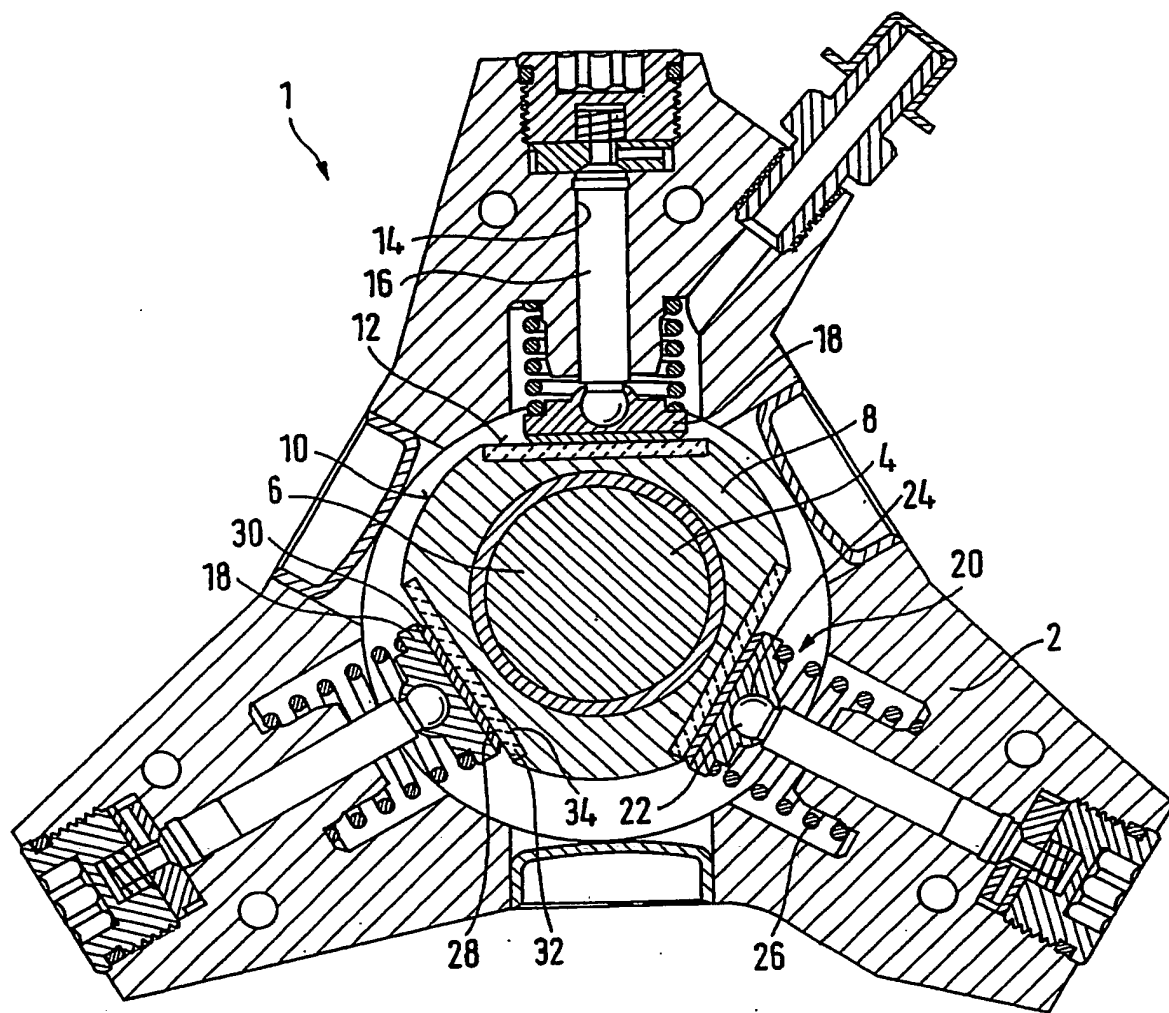


FIG.1

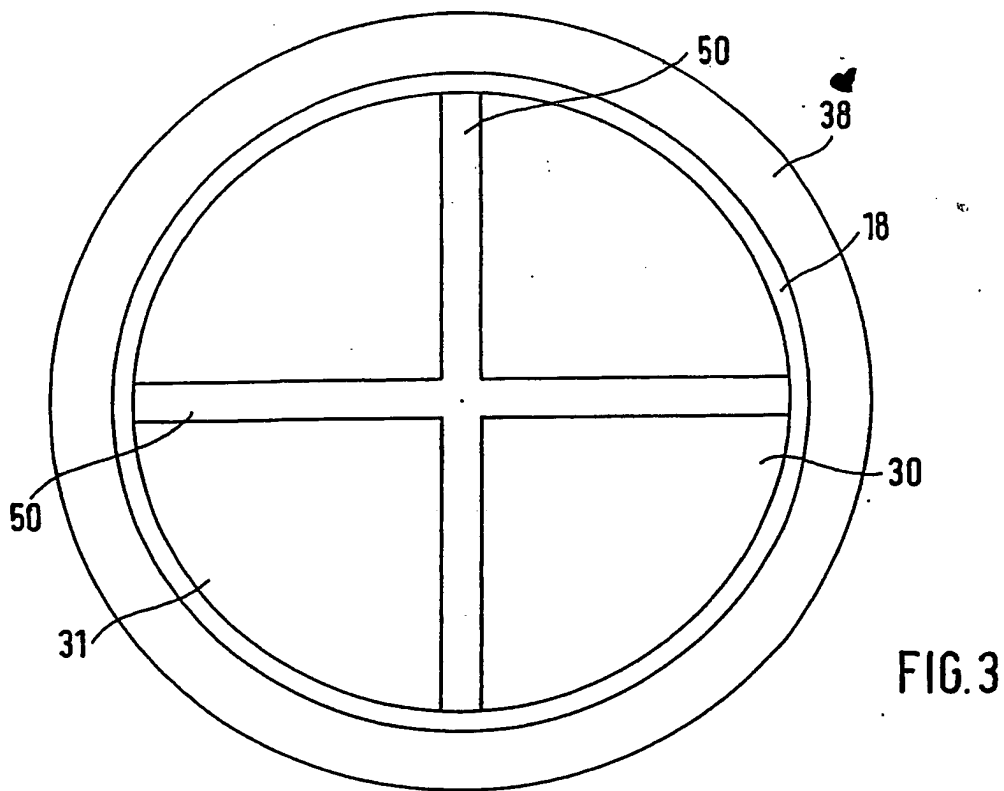
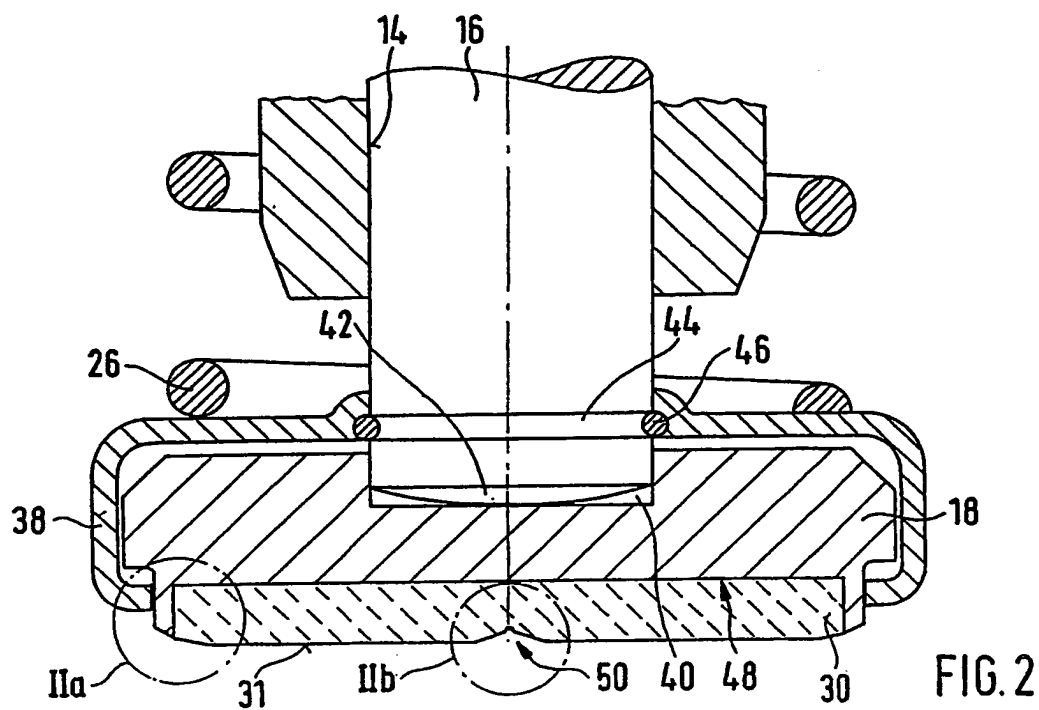


FIG.4

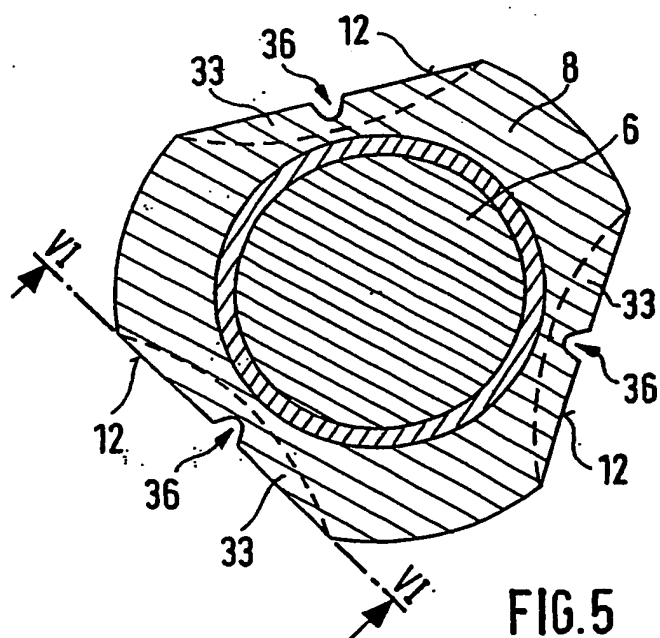
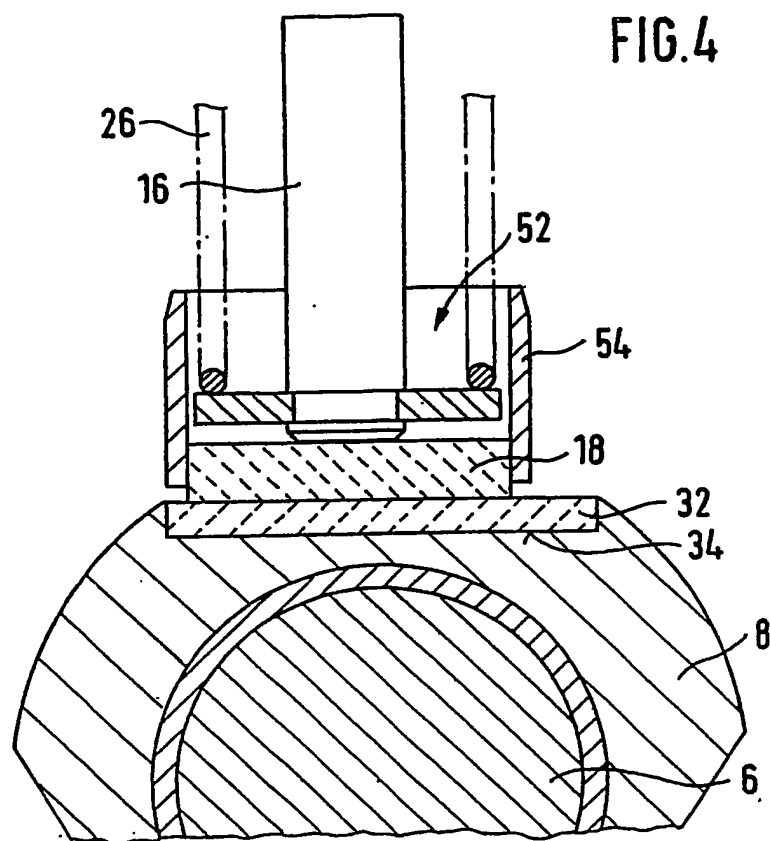


FIG.5

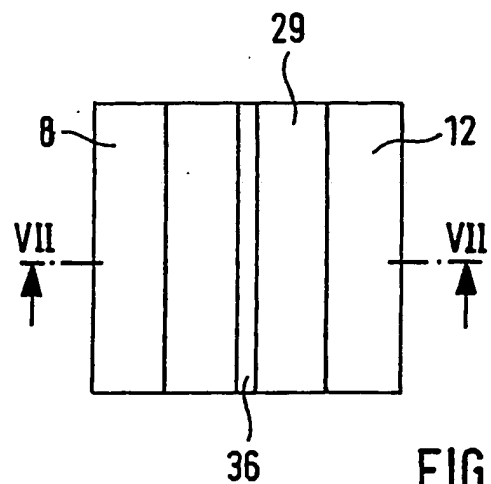


FIG.6

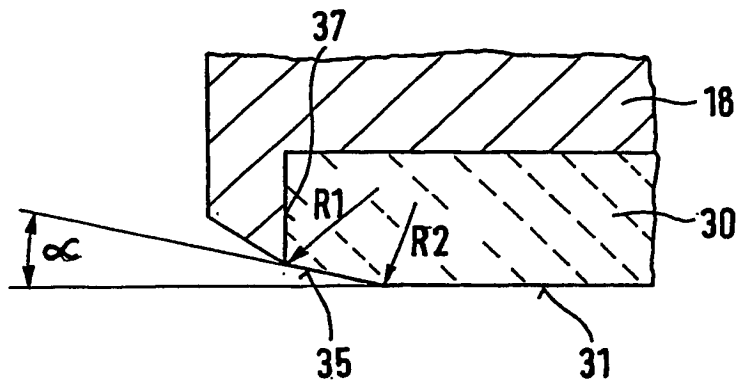


FIG. 2a

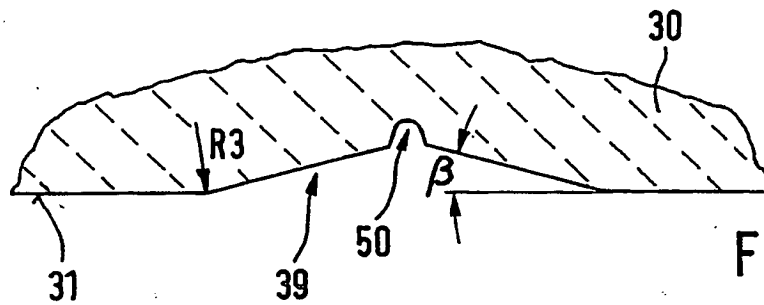


FIG. 2b

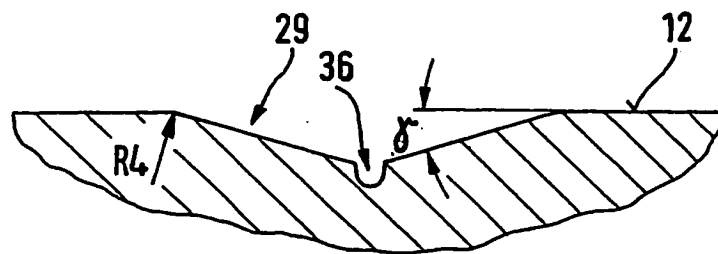


FIG. 7



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/006338

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F04B1/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102 23 730 A (DENSO CORP) 6 February 2003 (2003-02-06)	1,6,7
Y	abstract	2,3,8
A	column 1, line 25 - line 37 column 3, line 50 - column 6, line 7 figures 1-3	4-6
Y	EP 0 851 120 A (ELASIS SISTEMA RICERCA FIAT) 1 July 1998 (1998-07-01)	2
A	abstract column 2, line 6 - column 4, line 15 figures	1
Y	EP 0 984 161 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 8 March 2000 (2000-03-08)	3,8
A	abstract page 5, paragraph 31 - page 11, line 51 figures	1
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 October 2004

Date of mailing of the international search report

26/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 6818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kolby, L

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP2004/006338

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 183 212 B1 (DJORDJEVIC ILIJA) 6 February 2001 (2001-02-06) abstract column 8, line 46 - column 9, line 2 figures 10-12,14	1
A	US 5 937 734 A (GMELIN KARL ET AL) 17 August 1999 (1999-08-17) abstract column 2, line 51 - column 5, line 39 figures	1,2
A	US 6 079 961 A (SCHULLER WOLFGANG ET AL) 27 June 2000 (2000-06-27) abstract column 1, line 31 - line 45 figure 1	1-3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/006338

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10223730	A	06-02-2003	JP 2003049745 A	21-02-2003
			DE 10223730 A1	06-02-2003
EP 0851120	A	01-07-1998	IT T0960264 U1	23-06-1998
			CN 1190699 A ,B	19-08-1998
			DE 69723040 D1	31-07-2003
			DE 69723040 T2	06-05-2004
			EP 0851120 A2	01-07-1998
			RU 2196248 C2	10-01-2003
			US 5979297 A	09-11-1999
EP 0984161	A	08-03-2000	EP 0984161 A1	08-03-2000
			WO 9947810 A1	23-09-1999
			US 6237441 B1	29-05-2001
US 6183212	B1	06-02-2001	CN 1420962 T	28-05-2003
			EP 1232339 A2	21-08-2002
			JP 2003501576 T	14-01-2003
			WO 0049291 A2	24-08-2000
US 5937734	A	17-08-1999	DE 19635164 A1	05-03-1998
			WO 9809075 A1	05-03-1998
			DE 59707915 D1	12-09-2002
			EP 0862693 A1	09-09-1998
			JP 11514722 T	14-12-1999
US 6079961	A	27-06-2000	DE 19803333 A1	04-02-1999
			WO 9906702 A1	11-02-1999
			WO 9906696 A1	11-02-1999
			WO 9906697 A1	11-02-1999
			WO 9906703 A1	11-02-1999
			WO 9906704 A1	11-02-1999
			DE 19747850 A1	04-02-1999
			DE 19747936 A1	04-02-1999
			DE 19750851 A1	04-02-1999
			DE 19753083 A1	04-02-1999
			DE 59808900 D1	07-08-2003
			EP 0932764 A1	04-08-1999
			EP 0932761 A1	04-08-1999
			EP 0932762 A1	04-08-1999
			EP 0935710 A1	18-08-1999
			EP 0935711 A1	18-08-1999
			JP 2001501274 T	30-01-2001
			JP 2001501275 T	30-01-2001
			JP 2001501276 T	30-01-2001
			JP 2001501281 T	30-01-2001
			JP 2001501282 T	30-01-2001
			US 6471496 B1	29-10-2002
			US 6276909 B1	21-08-2001
			US 2001048884 A1	06-12-2001
			US 2001002978 A1	07-06-2001

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/006338

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F04B1/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 102 23 730 A (DENSO CORP) 6. Februar 2003 (2003-02-06)	1,6,7
Y	Zusammenfassung	2,3,8
A	Spalte 1, Zeile 25 - Zeile 37 Spalte 3, Zeile 50 - Spalte 6, Zeile 7 Abbildungen 1-3	4-6
Y	EP 0 851 120 A (ELASIS SISTEMA RICERCA FIAT) 1. Juli 1998 (1998-07-01)	2
A	Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 6 - Spalte 4, Zeile 15 Abbildungen	1
Y	EP 0 984 161 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 8. März 2000 (2000-03-08)	3,8
A	Zusammenfassung Seite 5, Absatz 31 - Seite 11, Zeile 51 Abbildungen	1
	----- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. Oktober 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

26/10/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 6818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kolby, L

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/006338

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 183 212 B1 (DJORDJEVIC ILIJA) 6. Februar 2001 (2001-02-06) Zusammenfassung Spalte 8, Zeile 46 - Spalte 9, Zeile 2 Abbildungen 10-12,14	1
A	US 5 937 734 A (GMELIN KARL ET AL) 17. August 1999 (1999-08-17) Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 51 - Spalte 5, Zeile 39 Abbildungen	1,2
A	US 6 079 961 A (SCHULLER WOLFGANG ET AL) 27. Juni 2000 (2000-06-27) Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 31 - Zeile 45 Abbildung 1	1-3

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/006338

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10223730	A	06-02-2003	JP 2003049745 A	21-02-2003
			DE 10223730 A1	06-02-2003
EP 0851120	A	01-07-1998	IT T0960264 U1	23-06-1998
			CN 1190699 A ,B	19-08-1998
			DE 69723040 D1	31-07-2003
			DE 69723040 T2	06-05-2004
			EP 0851120 A2	01-07-1998
			RU 2196248 C2	10-01-2003
			US 5979297 A	09-11-1999
EP 0984161	A	08-03-2000	EP 0984161 A1	08-03-2000
			WO 9947810 A1	23-09-1999
			US 6237441 B1	29-05-2001
US 6183212	B1	06-02-2001	CN 1420962 T	28-05-2003
			EP 1232339 A2	21-08-2002
			JP 2003501576 T	14-01-2003
			WO 0049291 A2	24-08-2000
US 5937734	A	17-08-1999	DE 19635164 A1	05-03-1998
			WO 9809075 A1	05-03-1998
			DE 59707915 D1	12-09-2002
			EP 0862693 A1	09-09-1998
			JP 11514722 T	14-12-1999
US 6079961	A	27-06-2000	DE 19803333 A1	04-02-1999
			WO 9906702 A1	11-02-1999
			WO 9906696 A1	11-02-1999
			WO 9906697 A1	11-02-1999
			WO 9906703 A1	11-02-1999
			WO 9906704 A1	11-02-1999
			DE 19747850 A1	04-02-1999
			DE 19747930 A1	04-02-1999
			DE 19750851 A1	04-02-1999
			DE 19753083 A1	04-02-1999
			DE 59808900 D1	07-08-2003
			EP 0932764 A1	04-08-1999
			EP 0932761 A1	04-08-1999
			EP 0932762 A1	04-08-1999
			EP 0935710 A1	18-08-1999
			EP 0935711 A1	18-08-1999
			JP 2001501274 T	30-01-2001
			JP 2001501275 T	30-01-2001
			JP 2001501276 T	30-01-2001
			JP 2001501281 T	30-01-2001
			JP 2001501282 T	30-01-2001
			US 6471496 B1	29-10-2002
			US 6276909 B1	21-08-2001
			US 2001048884 A1	06-12-2001
			US 2001002978 A1	07-06-2001

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**